

# 20份早熟欧美血缘玉米自交系利用潜力分析

刘庆宇, 张春阳, 张嘉月, 李昊, 董玲, 许家伟,  
于从超, 王振华, 张林  
(东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:** 以20份早熟欧美血缘自交系为供试材料, 9份SS群自交系为母本、11份NSS群自交系为父本, 采用不完全双列杂交设计, 进行配合力分析评价。结果表明, 自交系 DNF342、DNLM18、东407、东409和东401产量一般配合力(GCA)优良, 东304和东503株高、穗位高一般配合力优良, 有利于降低杂交组合株高和穗位高。杂交组合东407×东601、东409×DNF342、东502×DN4206、东409×东305、东407×DN4206和东401×东601产量对照优势较强, 可用于新品种试验。

**关键词:** 玉米; 自交系; 配合力; 杂种优势

**中图分类号:** S513.032

**文献标识码:** A

## Analysis on Utilization Potential of 20 Early-maturing Maize Inbred Lines from European and American

LIU Qing-yu, ZHANG Chun-yang, ZHANG Jia-yue, LI Hao, DONG Ling, XU Jia-wei,  
YU Cong-chao, WANG Zhen-hua, ZHANG Lin  
(College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** This study used 20 early-maturing inbred lines from European and American, including 9 SS-group inbred lines as female parents and 11 NSS-group inbred lines as male parents. The incomplete diallel cross design was used to evaluate the combining ability. The results showed that DNF342, DNLM18, Dong407, Dong409 and Dong401 had good yield general combining ability(GCA), while Dong304 and Dong503 had good plant height and ear height GCA, which were beneficial to reduce plant height and ear height of hybrid combinations. The hybrid combinations Dong407×Dong601, Dong409×DNF342, Dong502×DN4206, Dong409×Dong305, Dong407×DN4206 and Dong401×Dong601 had strong yield comparative advantages, which could be used for new variety experiments.

**Key words:** Maize; Inbred line; Combining ability; Heterosis

优异玉米种质资源是选育突破性玉米新品种的物质基础, 宜机收玉米种植匮乏已成为限制我国玉米育种发展的瓶颈<sup>[1]</sup>。欧洲玉米种质具有熟期早、耐低温、耐密植、脱水快、适宜全程机械化等特点<sup>[2,3]</sup>, 美国玉米种质具有植株矮、穗位低、耐密植、抗倒伏、

雄穗小、芽率高、芽势强、出苗快、植株生长整齐、子粒脱水快和宜机收等特点<sup>[4-7]</sup>。美国玉米种质遗传贡献率每增加1%, 我国玉米单产将提高0.2%<sup>[8-10]</sup>。引入欧美等发达国家的优异玉米种质资源进行消化、吸收和再利用, 是拓宽我国玉米遗传基础的重要手段。

黑龙江省因长期种植高秆稀植大穗型玉米品种, 现有种质资源多具有晚熟、不抗倒伏、耐密性差、子粒脱水速度慢、不适合机械化收获等特点, 难以满足目前生产上对早熟、耐密、抗倒、子粒脱水快及适宜机械化收获等方面的需求<sup>[11]</sup>。东北农业大学玉米遗传育种团队通过引入欧洲和美国玉米种质资源, 采用系谱法及单倍体诱导等方法创造了一批符合现代育种目标的新自交系, 部分自交系未进行主要性状配合力分析评价, 限制了科学有效利用。因此, 本

录用日期: 2023-10-08

基金项目: 东华北春玉米区早熟高产抗逆宜机收新种质创制与应用(2021YFD1201000)、高产、密植、宜机收玉米优异种质资源引进及新品种选育(GA21D005)

作者简介: 刘庆宇(1997-), 黑龙江齐齐哈尔人, 硕士, 主要从事玉米遗传育种研究。Tel: 15765960821

E-mail: liuqingyu0112@163.com

王振华和张林为本文通信作者。

E-mail: zhenhuawang\_2006@163.com

E-mail: neauzla@163.com

研究以20份早熟欧美血缘玉米自交系为供试材料,9份SS群自交系为母本、11份NSS群自交系为父本,采用不完全双列杂交设计组配99份杂交组合,通过田间鉴定,进行配合力和杂种优势分析,为其在东北早熟区合理有效利用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

20份欧美血缘早熟玉米自交系,由东北农业大学玉米遗传育种团队提供。前期采用测序技术对其进行类群划分,东101、东411、DN4206和DN820来源于美国种质,其余自交系来源于欧洲种质(表1)。

### 1.2 试验设计

2020年在东北农业大学向阳试验实习基地,以9份SS群自交系为母本、11份NSS群自交系为父本,采用不完全双列杂交设计,组配99个杂交组合。2021年将上述99份杂交组合分别种植于东北农业大学向阳试验实习基地(126°38'E,45°45'N)、绥化市北林区试验基地(126°99'E,46°65'N)和黑龙江省农业科学院牡丹江分院试验基地(129°61'E,44°61'N)。田间采用分组随机区组设计,2行区,3次重复,行距65 cm,行长5 m,株距22 cm,种植密度为67 500株/hm<sup>2</sup>,对照品种为德美亚3号。田间管理同一般大田。

表1 20份早熟玉米自交系信息

Table 1 Pedigree of 20 inbred lines of early-maturing maize

| 序号<br>Number | 名称<br>Name | 类群<br>Group | 株高(cm)<br>Plant height | 穗位高(cm)<br>Ear height | 生育日数(d)<br>Growth days |
|--------------|------------|-------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1            | 东101       | SS          | 155                    | 73                    | 122                    |
| 2            | 东401       | SS          | 209                    | 75                    | 118                    |
| 3            | 东402       | SS          | 223                    | 83                    | 118                    |
| 4            | 东406       | SS          | 204                    | 71                    | 117                    |
| 5            | 东407       | SS          | 188                    | 79                    | 119                    |
| 6            | 东409       | SS          | 205                    | 68                    | 118                    |
| 7            | 东410       | SS          | 236                    | 99                    | 120                    |
| 8            | 东502       | SS          | 229                    | 80                    | 117                    |
| 9            | 东503       | SS          | 208                    | 67                    | 117                    |
| 10           | DN4206     | NSS         | 228                    | 89                    | 122                    |
| 11           | DN820      | NSS         | 204                    | 83                    | 122                    |
| 12           | DNF342     | NSS         | 228                    | 92                    | 121                    |
| 13           | DNLM18     | NSS         | 211                    | 84                    | 123                    |
| 14           | 东301       | NSS         | 259                    | 89                    | 118                    |
| 15           | 东304       | NSS         | 170                    | 58                    | 120                    |
| 16           | 东305       | NSS         | 201                    | 59                    | 118                    |
| 17           | 东403       | NSS         | 205                    | 60                    | 121                    |
| 18           | 东404       | NSS         | 222                    | 69                    | 119                    |
| 19           | 东411       | NSS         | 187                    | 91                    | 119                    |
| 20           | 东601       | NSS         | 233                    | 89                    | 117                    |

### 1.3 测定指标与方法

乳熟期测量株高和穗位高,收获后调查穗部性状,包括穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重和出籽率,测定标准水分的产量<sup>[2]</sup>。

### 1.4 数据统计方法

以自交系各性状小区均值为单位,利用IBM SPSS Statistics 26软件对自交系农艺及产量性状数据进行方差分析;以杂交组合农艺及产量小区均值为单位,采用SAS软件PROC GLM程序进行配合力方差分析,模型见表2。

利用Falconer和Mackay模型,以性状的小区平均值为单位计算一般配合力效应和特殊配合力

效应。

$$\text{一般配合力公式: } Gcaf = \frac{Tf}{rm} - \frac{Ta}{mfr},$$

$$\text{特殊配合力公式: } Scaij = \frac{Tij}{r} - \frac{Tf}{rm} - \frac{Tm}{rf} + \frac{Tc}{mfr},$$

式中, $f$ 为待测选系数; $m$ 为测验种数; $r$ 为重复数。

根据小区产量均值计算对照杂种优势( $H$ ),

$$H = \frac{(\bar{X} - Hi)}{Hi} \times 100\%,$$

式中, $H$ 为对照优势值; $X$ 为杂交组合小区产量均值; $Hi$ 为对照品种小区产量均值。

表2 不完全双列杂交设计配合力方差分析模型

Table 2 Variance analysis model of combining ability in NC II design

| 变异来源<br>Sources of variation | 自由度<br>DF         | 方差<br>MS | 期望均值<br>EMS              |
|------------------------------|-------------------|----------|--------------------------|
| GCA                          | P-1               | MSG      | $\sigma^2 + Pr\sigma^2G$ |
| SCA                          | $P_1P_2-1$        | MSS      | $\sigma^2 + r\sigma^2S$  |
| 误差                           | $(P_1P_2-1)(r-1)$ | MSE      | $\sigma^2$               |
| 总变异                          | $P_1P_2r-1$       |          |                          |

## 2 结果与分析

### 2.1 方差分析

以小区均值为单位,对供试99个杂交组合的株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重、出籽率及产量共9个性状进行配合力方差分析(表3)。结果表明,各性状区组间差异均未达显著水平,处理

间差异均达极显著水平,母本自交系( $P_1$ )之间的一般配合力(GCA)差异均达极显著水平,父本自交系( $P_2$ )各性状间差异均达极显著水平, $P_1 \times P_2$ 的特殊配合力(SCA)间差异达极显著水平。株高、穗位高及产量相关性状一般配合力方差均大于特殊配合力方差,说明这些性状主要受加性遗传效应控制。

表3 主要性状配合力方差分析

Table 3 Analysis of general of combining ability for main traits

| 变异来源<br>Sources of variation | 自由度<br>DF | 株高<br>PH | 穗位高<br>EH | 穗长<br>KEL | 穗粗<br>KED | 百粒重<br>100-KW | 行粒数<br>KPR | 穗行数<br>KRN | 出籽率<br>SR | 产量<br>YPH |
|------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 区组间                          | 2         | 48.13    | 51.96     | 48.83     | 36.28     | 8.33          | 29.81      | 12.40      | 218.02    | 5.59      |
| 处理间                          | 98        | 45.42**  | 9.74**    | 8.84**    | 4.52**    | 13.36**       | 7.16**     | 4.47**     | 3.08**    | 6.49**    |
| GCA( $P_1$ )                 | 8         | 159.43** | 23.07**   | 36.11**   | 15.30**   | 61.06**       | 23.96**    | 13.82**    | 7.95**    | 13.45**   |
| GCA( $P_2$ )                 | 10        | 162.93** | 37.80**   | 30.28**   | 15.79**   | 53.05**       | 31.31**    | 15.54**    | 7.05**    | 24.12**   |
| SCA( $P_1 \times P_2$ )      | 80        | 19.33**  | 4.89**    | 3.43**    | 2.03**    | 3.62**        | 2.46**     | 2.15**     | 2.10**    | 3.59**    |

注:\*\*表示在0.01水平差异显著。

Note: \*\* indicates significant differences at the 0.01 level.

### 2.2 一般配合力(GCA)效应分析

#### 2.2.1 株型性状GCA分析

由表4可见,株高GCA效应值变化范围在-21.50~11.57 cm,9个自交系表现为负向效应,绝对值最大的5个自交系包括东304、东407、东101、东503和DN820,效应值分别为-21.50、-10.00、-8.13、-7.34和-7.55 cm,说明利用以上自交系有利于组配出株高较低的杂交组合。穗位高GCA效应值变化范围-14.94~10.73 cm,10个自交系表现为负向效应,绝对值最大的5个自交系包括东304、东503、东404、东407和东401,效应值分别为-14.94、-6.96、-5.27、-4.47和-3.66 cm,说明用上述自交系有利于组配出穗位高较低的杂交组合。

#### 2.2.2 产量相关性状GCA分析

由表4可见,穗长GCA效应值变化范围是-1.17~

0.76 cm,11个自交系表现为正向效应,位于前5位的自交系包括东409、东601、东305、东411和东502,效应值分别为0.76、0.74、0.7、0.60和0.53 cm,有利于组配出长穗型的杂交组合;穗粗GCA效应值的变化范围在-0.19~0.21 cm,10个自交系表现为正向效应,位于前3位的自交系包括东401、DNLM18和DNF342,效应值分别为0.21、0.16和0.13 cm,有利于组配出穗粗增加的杂交组合;百粒重GCA效应值的变化范围在-4.50~4.78 g,13个自交系表现为正向效应,位于前5位的自交系包括DNLM18、东409、东404、东407和东410,效应值分别为4.78、1.97、1.89、1.87和0.89 g,有利于组配出高百粒重的杂交组合;行粒数GCA效应值的变化范围在-2.87~2.50粒,13个自交系表现为正向效应,位于前5位的自交系包括东601、东409、东305、东101和东502,效应

值分别为2.50、1.58、1.35、0.93和0.84粒,有利于组配出行粒数较多的杂交组合;穗行数GCA效应值的变化范围在-1.30~1.42行,9个自交系表现为正向效应,位于前5位的自交系包括东401、DNF342、东411、东101和东601,效应值分别为1.42、1.14、0.64、0.54和0.53行,有利于组配出行数较多的杂交组合;出籽率GCA效应值的变化范围在-2.62%~2.34%,11个自交系表现为正向效应,位于前5位的

自交系包括DNLM18、DNF342、东401、东402和东503,效应值分别为2.34%、1.75%、1.10%、0.94%和0.89%,有利于组配高出籽率的杂交组合;产量GCA效应值的变化范围在-1 177.47~892.14 kg/hm<sup>2</sup>,10个自交系表现为正向效应,位于前5位的自交系包括东601、DNF342、DNLM18、东407和东409,效应值分别为892.14、791.89、722.42、705.30和615.74 kg/hm<sup>2</sup>,有利于组配高产的杂交组合。

表4 一般配合力效应值及多重比较

Table 4 GCA effect values for 9 traits among 20 maize inbred lines

| 自交系<br>Inbred line | 株高(cm)<br>PH | 穗位高(cm)<br>EH | 穗长(cm)<br>KEL | 穗粗(cm)<br>KED | 百粒重(g)<br>100-KW | 行粒数(粒)<br>KPR | 穗行数(行)<br>KRN | 出籽率(%)<br>SR | 产量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>YPH |
|--------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|--------------|--------------------------------|
| 东101               | -7.34 cd     | -3.23 c       | 0.42 a        | -0.11 e       | -4.50 d          | 1.35 a        | 0.54 b        | -2.62 c      | -798.02 e                      |
| 东401               | -5.49 cd     | -3.66 cd      | -0.28 b       | 0.21 a        | 0.32 b           | -1.49 b       | 1.42 a        | 1.10 a       | 399.14 ab                      |
| 东402               | 3.30 b       | 2.98 b        | -0.17 b       | 0.07 b        | -1.39 c          | 0.90 a        | -0.04 c       | 0.94 a       | -200.66 cd                     |
| 东406               | -2.67 c      | 1.46 b        | -0.81 c       | -0.08 de      | 0.55 b           | -1.83 b       | 0.01 c        | -0.09 ab     | -522.20 de                     |
| 东407               | -10.00 d     | -4.47 cd      | 0.39 a        | 0.04 bc       | 1.87 b           | 0.32 a        | -0.46 c       | -1.15 b      | 705.30 ab                      |
| 东409               | 9.94 a       | 2.95 b        | 0.76 a        | 0.01 bcd      | 1.97 a           | 0.93 a        | -0.43 c       | 0.16 ab      | 615.74 ab                      |
| 东410               | 11.57 a      | 8.04 a        | 0.34 a        | -0.08 de      | 0.89 ab          | 0.60 a        | -0.49 c       | 0.60 a       | 148.20 abc                     |
| 东502               | 8.24 a       | 2.89 b        | 0.53 a        | -0.01 bcde    | 0.03 b           | 0.84 a        | -0.29 c       | 0.17 ab      | -46.09 bed                     |
| 东503               | -7.55 cd     | -6.96 d       | -1.17 c       | -0.05 cde     | 0.27 b           | -1.62 b       | -0.25 c       | 0.89 a       | -301.41 cde                    |
| DN4206             | 8.54 a       | 2.62 bc       | -0.14 cd      | 0.07 a        | 0.60 c           | 0.35 cd       | 0.01 cd       | 0.12 bed     | 613.89 abc                     |
| DN820              | -8.13 d      | -2.83 de      | 0.08 bcd      | 0.04 ab       | 0.40 c           | 0.02 cde      | 0.11 bed      | -0.56 cd     | -74.13 d                       |
| DNF342             | 5.72 ab      | 3.69 b        | 0.52 ab       | 0.13 a        | 0.07 c           | 0.61 bc       | 1.14 a        | 1.75 ab      | 791.89 a                       |
| DNLM18             | 8.87 a       | 10.73 a       | -0.98 e       | 0.16 a        | 4.78 a           | -2.87 f       | -0.30 d       | 2.34 a       | 722.42 ab                      |
| 东301               | 2.68 bc      | -1.75 de      | -0.42 d       | -0.09 cd      | -2.29 d          | -0.65 de      | -0.01 cd      | -1.70 d      | -872.47 e                      |
| 东304               | -21.50 e     | -14.94 f      | -1.08 e       | -0.14 cd      | -1.51 d          | -2.28 f       | 0.48 bc       | -0.11 cd     | -1177.47 e                     |
| 东305               | -1.69 c      | -1.87 de      | 0.73 a        | -0.05 bc      | -1.35 d          | 1.58 ab       | -0.19 d       | 0.83 abc     | 158.63 cd                      |
| 东403               | -7.06 d      | -0.38 cd      | -0.41 d       | -0.19 d       | 0.37 c           | -0.94 e       | -1.30 e       | -0.60 cd     | -1092.25 e                     |
| 东404               | 0.09 c       | -5.27 e       | 0.38 abc      | -0.07 bc      | 1.89 b           | 0.76 bc       | -1.12 e       | -1.52 d      | -158.14 d                      |
| 东411               | 10.05 a      | 7.51 a        | 0.60 ab       | 0.08 a        | -1.46 d          | 0.91 bc       | 0.64 ab       | -0.67 cd     | 195.47 bed                     |
| 东601               | 2.42 bc      | 2.51 bc       | 0.74 a        | 0.07 a        | -1.51 d          | 2.50 a        | 0.53 bc       | 0.13 bed     | 892.14 a                       |

### 2.3 产量特殊配合力(SCA)效应分析

对99个玉米杂交组合产量SCA效应分析表明(表5),52个杂交组合的产量SCA为正值,占供试组合的52.53%。其中,排在前5位的是东502×DN4206、东402×东404、东409×东305、东101×DNLM18和东410×DN820,SCA效应值分别为1 696.33、1 565.76、1 478.23、1 450.10和1 266.94 kg/hm<sup>2</sup>,表明这些组合亲本间的遗传关系较远,组配出高产组合的概率较高;47个组合的产量SCA为负值,其中排在后5位的是东409×DN820、东402×DNF342、东401×东301、东407×东404和东406×东301,表明上述杂交组合的亲本间遗传关系较近,较难筛选出强优势组合,可利用其进行种质资源改良创新。

### 2.4 杂交组合产量对照优势分析

对99份杂交组合产量对照优势分析表明(表6),

15个杂交组合产量超过对照品种德美亚3号,占供试组合的15.15%。对照优势最高为10.04%,最低为-35.41%,5%以上的组合共计6份,分别为东407×东601、东409×DNF342、东502×DN4206、东409×东305、东407×DN4206和东401×东601,对照优势分别为10.04%、9.82%、8.44%、8.34%、6.51%和6.38%,产量分别达12 674.82、12 650.48、12 491.11、12 479.61、12 268.60和12 253.95 kg/hm<sup>2</sup>。以上6个强优势组合中,欧系×美系模式组合2份,占33.3%;位于后5位的杂交组合是东406×东301、406×东403、东101×东304、东101×DN820和东402×东403,产量分别为7 440.16、7 536.46、7 947.55、7 988.49和7 998.12 kg/hm<sup>2</sup>,对照优势分别为-35.41%、-34.57%、-31.00%、-30.65%和-30.56%。

表5 产量特殊配合力效应值

Table 5 SCA effect of characters of early maturity inbred lines

kg/hm<sup>2</sup>

| 特殊配合力效应值<br>SCA | 自交系名称 Name |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                 | 东101       | 东401      | 东402      | 东406      | 东407      | 东409      | 东410      | 东502      | 东503      |
| DN4206          | -664.14    | -102.36   | -281.77   | 167.80    | 722.41    | -738.47   | -575.16   | 1 696.33  | -224.65   |
| DN820           | -1 366.35  | 765.86    | 630.82    | 667.03    | 697.97    | -1 946.54 | 1 266.94  | -718.47   | 2.74      |
| DNF342          | 334.09     | 521.94    | -1 584.54 | 890.14    | 249.88    | 1 015.83  | -899.62   | -309.73   | -217.99   |
| DNLM18          | 1 450.10   | -310.89   | 51.54     | -354.49   | -139.08   | 74.08     | -856.58   | -872.89   | 958.19    |
| 东301            | 643.35     | -1 553.17 | 89.82     | -1 392.20 | -127.30   | 730.26    | 287.54    | 490.56    | 831.14    |
| 东304            | -303.94    | 459.40    | -659.27   | 657.50    | -407.49   | -180.27   | 583.11    | -523.20   | 374.18    |
| 东305            | -1 193.61  | -233.03   | 852.33    | 174.27    | -461.79   | 1 478.23  | -1 259.86 | 519.03    | 124.44    |
| 东403            | 513.13     | -1 170.66 | -935.96   | -1 076.09 | 601.25    | 856.14    | 536.09    | 759.11    | -83.01    |
| 东404            | 571.49     | 552.47    | 1 565.76  | 45.37     | -1 550.36 | -1 304.50 | -221.89   | 826.40    | -484.72   |
| 东411            | -275.88    | 334.76    | -82.74    | 258.36    | -435.90   | 881.99    | 1 087.10  | -668.04   | -1 099.66 |
| 东601            | 291.75     | 735.69    | 354.02    | -37.68    | 850.40    | -866.75   | 52.33     | -1 199.08 | -180.67   |

表6 产量及对照优势

Table 6 Yield and hybrid vigor

| 杂交组合<br>Hybrid combination | 产量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Yield | 对照优势(%)<br>H | 杂交组合<br>Hybrid combination | 产量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Yield | 对照优势(%)<br>H |
|----------------------------|----------------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------------|--------------|
| 东407×东601                  | 12 674.82                        | 10.04        | 东410×DNLM18                | 10 241.05                        | -11.09       |
| 东409×DNF342                | 12 650.48                        | 9.82         | 东503×东305                  | 10 208.67                        | -11.37       |
| 东502×DN4206                | 12 491.11                        | 8.44         | 东406×东411                  | 10 158.64                        | -11.81       |
| 东409×东305                  | 12 479.61                        | 8.34         | 东402×东411                  | 10 139.07                        | -11.98       |
| 东407×DN4206                | 12 268.60                        | 6.51         | 东406×DNLM18                | 10 072.74                        | -12.55       |
| 东401×东601                  | 12 253.95                        | 6.38         | 东406×东305                  | 10 037.67                        | -12.86       |
| 东407×DNF342                | 11 974.03                        | 3.95         | 东502×DNLM18                | 10 030.46                        | -12.92       |
| 东401×DNF342                | 11 939.97                        | 3.66         | 东410×东404                  | 9 995.15                         | -13.23       |
| 东409×东411                  | 11 920.21                        | 3.48         | 东407×东301                  | 9 932.55                         | -13.77       |
| 东410×东411                  | 11 657.76                        | 1.21         | 东401×东304                  | 9 908.07                         | -13.98       |
| 东409×DNLM18                | 11 639.25                        | 1.05         | 东503×东301                  | 9 884.26                         | -14.19       |
| 东503×DNLM18                | 11 606.16                        | 0.76         | 东502×东601                  | 9 873.95                         | -14.28       |
| 东101×DNLM18                | 11 601.49                        | 0.72         | 东503×DN820                 | 9 854.21                         | -14.45       |
| 东410×DN820                 | 11 567.99                        | 0.43         | 东502×东403                  | 9 847.77                         | -14.51       |
| 东407×DN820                 | 11 556.13                        | 0.32         | 东101×东404                  | 9 842.34                         | -14.55       |
| 东407×DNLM18                | 11 515.61                        | -0.03        | 东410×东403                  | 9 819.03                         | -14.76       |
| 东402×东404                  | 11 433.98                        | -0.74        | 东502×东301                  | 9 799.01                         | -14.93       |
| 东406×DNF342                | 11 386.83                        | -1.15        | 东410×东301                  | 9 790.28                         | -15.01       |
| 东410×东601                  | 11 319.68                        | -1.73        | 东410×东304                  | 9 780.82                         | -15.09       |
| 东401×DN820                 | 11 317.87                        | -1.74        | 东502×东411                  | 9 708.32                         | -15.72       |
| 东402×东601                  | 11 272.51                        | -2.14        | 东406×东404                  | 9 592.03                         | -16.73       |
| 东401×东411                  | 11 156.39                        | -3.15        | 东409×东304                  | 9 485.02                         | -17.66       |
| 东401×DN4206                | 11 137.68                        | -3.31        | 东502×DN820                 | 9 388.26                         | -18.50       |
| 东401×DNLM18                | 11 037.67                        | -4.18        | 东409×东404                  | 9 380.09                         | -18.57       |
| 东402×东305                  | 11 037.31                        | -4.18        | 东101×DN4206                | 9 378.70                         | -18.58       |
| 东401×东404                  | 11 020.45                        | -4.33        | 东101×东411                  | 9 348.57                         | -18.84       |
| 东409×东601                  | 10 868.16                        | -5.65        | 东407×东304                  | 9 347.30                         | -18.85       |
| 东502×东305                  | 10 858.58                        | -5.73        | 东503×东404                  | 9 282.72                         | -19.41       |
| 东502×东404                  | 10 849.16                        | -5.81        | 东410×东305                  | 9 273.97                         | -19.49       |
| 东402×DNLM18                | 10 800.29                        | -6.24        | 东402×东301                  | 9 243.70                         | -19.75       |
| 东409×DN4206                | 10 718.15                        | -6.95        | 东402×DNF342                | 9 233.69                         | -19.84       |

续表6 Continued 6

| 杂交组合<br>Hybrid combination | 产量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Yield | 对照优势(%)<br><i>H</i> | 杂交组合<br>Hybrid combination | 产量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Yield | 对照优势(%)<br><i>H</i> |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------|
| 东409×东301                  | 10 700.51                        | -7.10               | 东407×东404                  | 9 223.78                         | -19.92              |
| 东407×东411                  | 10 691.90                        | -7.18               | 东101×东301                  | 9 199.87                         | -20.13              |
| 东502×DNF342                | 10 663.05                        | -7.43               | 东406×东304                  | 9 184.81                         | -20.26              |
| 东503×东601                  | 10 637.02                        | -7.66               | 东503×东304                  | 9 122.32                         | -20.80              |
| 东407×东305                  | 10 629.16                        | -7.72               | 东503×东411                  | 9 021.39                         | -21.68              |
| 东101×东601                  | 10 612.89                        | -7.86               | 东101×东403                  | 8 849.87                         | -23.17              |
| 东409×东403                  | 10 606.62                        | -7.92               | 东409×DN820                 | 8 822.06                         | -23.41              |
| 东402×DN820                 | 10 583.04                        | -8.12               | 东503×东403                  | 8 750.31                         | -24.03              |
| 东406×东601                  | 10 559.22                        | -8.33               | 东502×东304                  | 8 480.23                         | -26.38              |
| 东101×DNF342                | 10 554.96                        | -8.37               | 东101×东305                  | 8 393.99                         | -27.13              |
| 东401×东305                  | 10 551.75                        | -8.40               | 东401×东403                  | 8 363.21                         | -27.40              |
| 东503×DNF342                | 10 499.47                        | -8.85               | 东401×东301                  | 8 200.50                         | -28.81              |
| 东406×DN4206                | 10 486.51                        | -8.96               | 东402×东304                  | 8 189.58                         | -28.90              |
| 东407×东403                  | 10 441.33                        | -9.35               | 东402×东403                  | 7 998.12                         | -30.56              |
| 东410×DN4206                | 10 413.93                        | -9.59               | 东101×DN820                 | 7 988.49                         | -30.65              |
| 东402×DN4206                | 10 358.45                        | -10.07              | 东101×东304                  | 7 947.55                         | -31.00              |
| 东503×DN4206                | 10 314.84                        | -10.45              | 东406×东403                  | 7 536.46                         | -34.57              |
| 东406×DN820                 | 10 297.70                        | -10.60              | 东406×东301                  | 7 440.16                         | -35.41              |
| 东410×DNF342                | 10 267.47                        | -10.86              | 德美亚3号                      | 11 518.80                        | -                   |

### 3 结论与讨论

#### 3.1 20份欧美血缘玉米自交系利用价值与方向

配合力的高低是种质资源评价的重要指标<sup>[13]</sup>,高配合力自交系易于组配强优势组合。本研究结果表明,供试的20份玉米自交系中,自交系东304、东407、东401和东503株高和穗位高一般配合力的负向效应值较高,对降低杂交种株高具有较好利用价值。自交系DNF342、DNLM18、东401、东407、东409和东503在产量及相关性状的一般配合力正向效应较高,DNF342有利于提高杂交组合穗行数、穗粗、出籽率和产量水平;DNLM18有利于提高杂交组合百粒重、穗粗、出籽率及产量水平;东401有利于提高杂交组合的穗行数、穗粗和出籽率;东407有利于提高杂交组合百粒重和产量水平;东409有利于提高杂交组合穗长、行粒数、百粒重和产量水平;东503有利于提高杂交组合出籽率。

#### 3.2 杂种优势分析

Duvick把来自于BSSS及其衍生系划入美国玉米的母本群(SS群),与BSSS具有较高配合力的玉米自交系被划入父本群(NSS群),随着美国商业化玉米杂交种的发展,形成了新的商业育种杂种优势模式即SS×NSS<sup>[14]</sup>。按照上述杂种优势模式来看,对照优势高于5%及以上的杂交组合6份,包括东407×

东601、东409×DNF342、东502×DN4206、东409×东305、东407×DN4206和东401×东601,其中,东407和东409作母本组配组合各2份, DN4206和东601做父本组配组合各2份,说明SS群自交系东407和东409与供试材料中NSS群自交系具有较强的杂种优势,NSS群自交系DN4206和东601与供试材料中的SS群自交系具有较强的杂种优势,在今后育种中应重点加以利用。

#### 参考文献:

- 冯志前,王博新,徐淑兔,等. 12份美国玉米自交系配合力评价[J]. 玉米科学, 2020, 28(2): 11-17, 24.  
FENG Z Q, WANG B X, XU S T, et al. Evaluation of the combining ability on 12 American maize inbred lines[J]. Journal of Maize Sciences, 2020, 28(2): 11-17, 24. (in Chinese)
- 郭庆辰,张义荣,康浩冉,等. 美国玉米种质的引进、选系及组配模式探讨[J]. 分子植物育种, 2016, 14(11): 3262-3272.  
GUO Q C, ZHANG Y R, KANG H R, et al. Discussion on the Introduction, selection and combination model of American maize germplasm[J]. Molecular Plant Breeding, 2016, 14(11): 3262-3272. (in Chinese)
- 鲁俊田,曲江波,刘中杰,等. 欧洲种质改良旅大红骨宜机收性状配合力分析及杂种优势利用[J]. 种子, 2022, 41(6): 117-121.  
LU J T, QU J B, LIU Z J, et al. Combining ability analysis and heterosis utilization of European germplasm improved Lvdahonggu in suitable mechanical harvesting traits[J]. Seed, 2022, 41(6): 117-121. (in Chinese)
- 冉伟. 美国玉米种质及其在我国的应用现状[J]. 中国种业,

- 2017(9): 15-18.
- RAN W. American maize germplasm and its application status in China[J]. China Seed Industry, 2017(9): 15-18. (in Chinese)
- [5] CARENA M J, POLLAK L, SALHUANA W, et al. Development to funique and novellines for early-maturing hybrids: moving GEM germplasm northward and westward[J]. Euphytica, 2009, 170(1-2): 87-92.
- [6] TROYER A F, HENDRICKSON L G. Background and importance of 'Minnesota 13' corn[J]. Crop Science, 2007, 47(3): 905-914.
- [7] TROYER A F, MIKEL M A. Minnesota corn breeding history: department of agronomy & plant genetics centennial[J]. Crop Science, 2010, 50(4): 1141-1150.
- [8] 雍洪军,王建军,张德贵,等. 美洲地区主要玉米群体特征及其利用途径分析[J]. 遗传, 2013, 35(6): 703-713.
- YONG H J, WANG J J, ZHANG D G, et al. Characterization and potential utilization of maize populations in America region[J]. Hereditas, 2013, 35(6): 703-713. (in Chinese)
- [9] 赵文媛,刘旭,王德新. 应用美国玉米种质的经验和教训[J]. 中国种业, 2011(10): 50-52.
- ZHAO W Y, LIU X, WANG D X, et al. Experience and lessons of applying American corn germplasm[J]. Chinese Seed Industry, 2011 (10): 50-52. (in Chinese)
- [10] 李海明,胡瑞法,张世煌. 外来种质对中国玉米生产的遗传贡献[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2189-2197.
- LI H M, HU R F, ZHANG S H, et al. The impacts of US and CGIAR's germplasm on maize production in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(11): 2189-2197. (in Chinese)
- [11] GRIFFING B, 莫惠栋,姜长鉴. 关于双列杂交系统中一般配合力和特殊配合力的概念[J]. 江苏农学院学报, 1980(4): 55-64.
- GRIFFING B, MO H D, JIANG C J. The concepts of general combining ability and special combining ability in diallel hybrid systems[J]. Journal of Yangzhou University 1980(4): 55-64. (in Chinese)
- [12] 石云素. 玉米种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [13] 吴渝生,刘敏惠. 我国玉米育种双列杂交和配合力分析的研究进展[J]. 云南农业大学学报, 1999(2): 108-111.
- WU Y S, LIU M H. Research progress on diallel hybridization and combining ability analysis in maize breeding in China[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 1999(2): 108-111. (in Chinese)
- [14] DUVICK D N, SMITH J S, COOPER M. Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program[J]. Plant Breed, 2004, 24: 109-151

(责任编辑:朴红梅)